



kmdr por. dr hab. inż. Paweł Piskur

Badania parametrów konstrukcyjnych i sterujących jednopłetwowego napędu biomimetycznego

Recenzenci – prof. dr hab. inż. Jerzy Świder, prof. dr hab. inż. Sebastian Skoczypiec, dr hab. inż. Piotr Wolszczak, prof. PL oraz dr hab. inż. Łukasz Pieczonka, prof. AGH – ocenili dorobek naukowy zatytułowany **Badania parametrów konstrukcyjnych i sterujących jednopłetwowego napędu biomimetycznego**. Osiągnięcie naukowe przedstawione zostało w formie jednotematycznego cyklu jedenastu publikacji.

Absolwent Wojskowej Akademii Technicznej, Wydziału Mechatroniki (2004 r.). Pracę doktorską w naukach technicznych w dyscyplinie budowa i eksploatacja maszyn **Wielokryterialna optymalizacja konstrukcji i sterowania wyrzutni elektromagnetycznej w zastosowaniu do linio-wego napędu narzędzia roboczego** obronił na Wydziale Technologii i Edukacji Politechniki Koszalińskiej (2010 r.). Promotorem pracy był prof. dr hab. inż. Wojciech Tarnowski. W pracy podjęto się zadania zbudowania modelu matema-tycznego i symulacyjnego celem określenia opty-malnych parametrów konstrukcji i optymalnego sterowania prądowego, ze względu na spraw-ność energetyczną układu, energię kinetyczną narzędzia roboczego oraz masę urządzenia, a także opracowanie algorytmu polioptymali-zacji konstrukcji wyrzutni elektromagnetycznej. W latach 2004–2017 pełnił służbę w Brygadzie Lotnictwa Marynarki Wojennej. Od 2017 r. pra-cuje w Akademii Marynarki Wojennej w zespole kmdr. dr. hab. inż. Piotra Szymaka, prof. AMW. 21 czerwca 2024 r. uzyskał stopień doktora habili-towanego nauk inżynieryjno-technicznych w dys-cyplinie naukowej inżynieria mechaniczna nadany przez Radę Naukową Instytutu Technicznego Wojsk Lotniczych. Przewodniczącym Komisji Habilitacyjnej był prof. dr hab. inż. Stefan Berczyński. Główne zainteresowania badawcze Pawła Piskura koncentrują się na robotyce morskiej, w szczególności na morskich pojazdach bez-załogowych.

W skład osiągnięcia naukowego wchodzi jedenaście publikacji wydanych w latach 2020–2023. Podsumowując sześćioletni okres aktywności naukowej (2017–2023) w Akademii Marynarki Wojennej, suma-ryczny wskaźnik IF za wszystkie opubliko-wane prace naukowe wynosił 37,016.

W cyklu artykułów składających się na osiągnięcie naukowe można wyróżnić następujące główne kierunki prac:

- opracowane podstaw doświadczalnych identyfikacji podstawowych parametrów napędów biomimetycznych,
- zaplanowanie, realizację i analizę wyników eksperymentów w tunelu wodnym,
- opracowanie efektywnych obliczeniowo algorytmów opisu kinematyki wybranej grupy napędów biomimetycznych,



- opis wzajemnego oddziaływania biomimetycznego napędu i płynu,
- doboru parametrów dla sterowania kursem biomimetycznego pojazdu podwodnego,
- opracowanie stanowiska badawczego do pomiaru naporu netto biomimetycznego układu napędowego,
- opracowanie metody analizy wzajemnego oddziaływania napędu biomimetycznego i płynu z wykorzystaniem cyfrowej anemometrii obrazowej PIV (ang. Particle Image Velocimetry),
- opracowanie metody wyznaczenia liczby Strouhala dla układu nurek-płetwa-woda z wykorzystaniem algorytmów cyfrowego przetwarzania obrazów.

Cykl publikacji obejmował badania biomimetycznego napędu falowego, w szczególności składającego się z pojedynczej, elastycznej płetwy w zastosowaniu do pojazdu podwodnego oraz dla pływaków i nurków.

Wzajemne oddziaływanie jednopłetwowego napędu biomimetycznego z lepkiem płynem wymaga analizy szeregu zjawisk, których nieliniowe zależności oraz turbulentny charakter płynu skutkują, że opracowanie dokładnego modelu symulacyjnego jest trudne w realizacji i kosztowne obliczeniowo. Aktualnie prowadzone są badania nad wykorzystaniem sztucznych sieci neuronowych do modelowania zjawiska wzajemnego oddziaływania elastycznego ciała stałego i płynu. Jednak danymi uczącymi sieć neuronową są głównie wyniki eksperymentu przeprowadzone na stanowiskach laboratoryjnych.

Przedstawiony w autoreferacie cykl publikacji obejmuje przede wszystkim wyniki badań eksperymentalnych, przeprowadzonych w czterech tunelach wodnych. Każdy z tuneli wyposażony jest w czujnik do pomiaru siły wzajemnego oddziaływania napędu i płynu oraz liniowy laser wraz z kamerą do rejestrowania trajektorii markerów, szczególnie w obszarze wzajemnego oddziaływania napędu z płynem. Badania w czterech tunelach wodnych umożliwiły przeprowadzenie analiz dla różnych prędkości płynu, w szerokim zakresie parametrów materiałowych i sterujących.

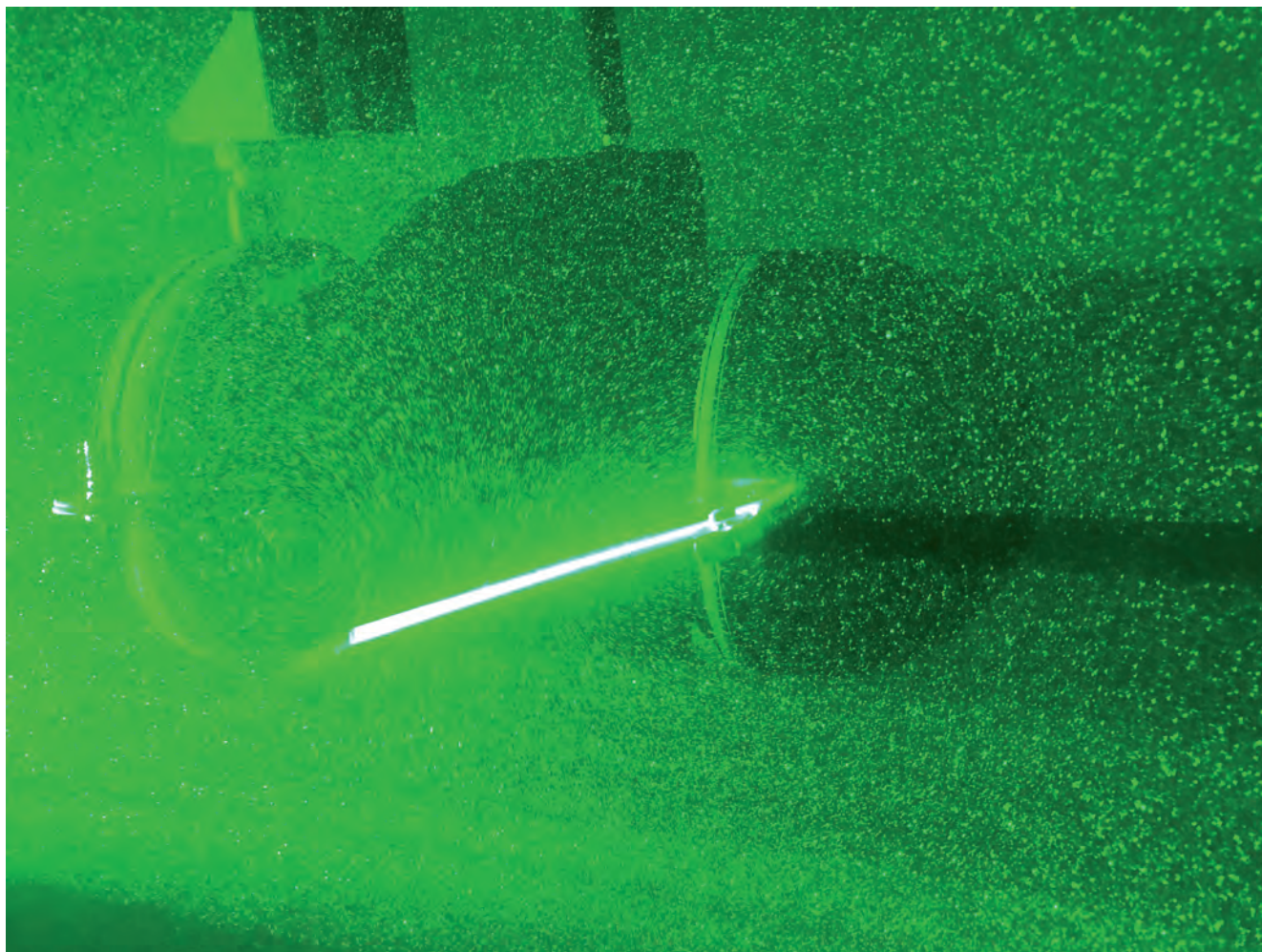
Zaprezentowane w cyklu publikacji wyniki analiz parametrów konstrukcyjnych i sterujących jednopłetwowego napędu biomimetycznego, obejmują pełen cykl badań kinematyki i dynamiki oraz wzajemnego oddziaływania napędu z płynem. Przyjęta strategia badań obejmowała eksperymentalną analizę kinematyki z wykorzystaniem cyfrowego przetwarzania obrazów wizyjnych oraz wyznaczenie nieznanych parametrów modelu Lighthilla, dla jednopłetwowego napędu biomimetycznego. Na zaprojektowanych stanowiskach badawczych wykonanych zostało szereg pomiarów generowanego naporu netto z równoczesnym pomiarem energii elektrycznej zużywanej przez układ wykonawczy, a także analizy ugięcia płetw i prędkości płynu w obszarach wzajemnego oddziaływania z napędem. Przeprowadzona analiza doboru parametrów i sprawności napędu została wykonana w odniesieniu do żywych organizmów morskich. Na podstawie przeprowadzonych badań można stwierdzić, że możliwe jest zaprojektowanie jednopłetwowego napędu biomimetycznego o zakładanych paramet-
 rach.



Pojazd podwodny opracowany przez zespół kmdra dra hab. inż. Piotra Szymaka, prof. AMW, w ramach projektu Europejskiej Agencji Obrony pk. SABUVIS



Projekt tunelu wodnego opracowany w ramach projektu „Biodive Fin – innowacyjne biomimetyczne płetwy pływackie dla zastosowania cywilnego”



Obszar wzajemnego oddziaływania napędu i płynu dla biomimetycznego pojazdu podwodnego

trach eksploatacyjnych, w tym wysokiej sprawności energetycznej. Opracowana, autorska metoda cyklicznego eksportu danych wyznaczonych metodą PIV do macierzy trójwymiarowej, umożliwia analizę parametrów napędu biomimetycznego dla pełnego cyklu roboczego.

Przy ocenie istotności aktywności naukowej za największy wkład w rozwój dyscypliny naukowej inżynieria mechaniczna uznano wyniki Grantu Badawczego Ministerstwa Obrony Narodowej **Badanie charakterystyk biomimetycznego napędu falowego – FSI**, realizowanego we współpracy z Portugalską Akademią Marynarki Wojennej z Alfeite-Lizbona (Portugalia). W projekcie wykorzystano m.in. kompetencje nabyte w trakcie studiów na Politechnice w Madrycie (Hiszpania) oraz podczas realizacji międzynarodowych projektów:

- **SABUVIS – Swarm of Biomimetic Underwater Vehicles for Underwater ISR**, którego kierownikiem był kmdr dr hab. inż. Piotr Szymak, prof. AMW;
- **NEXTPROP – Next generation of propellers**, którego kierownikiem był dr hab. inż. Andrzej Grzędziela, prof. AMW;

– **Biodive Fin – Innowacyjne biomimetyczne płetwy pływackie dla zastosowania cywilnego.**

W kolejnych etapach pracy badawczej planowane jest zastosowanie sztucznych mięśni, w tym aktywnych polimerów do napędu pojazdów podwodnych. Opracowane stanowiska laboratoryjne zostaną wykorzystane w celu implementacji metod sztucznej inteligencji do opisu wzajemnego oddziaływania elastycznego ciała i płynu. Jako dane wejściowe do uczenia sztucznych sieci neuronowych będą użyte dane z eksperymentów prowadzonych metodą PIV oraz bezpośredniego pomiaru siły wzajemnego oddziaływania napędu z płynem.

Małgorzata Kaliczyńska
kwartalnik Pomiary Automatyka Robotyka